

03500.016024



PATENT APPLICATION

0300 #4

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
KATSUMI NAKAGAWA, et al.)
Application No.: 10/014,418)
Filed: December 14, 2001)
For: LIQUID PHASE GROWTH)
PROCESS, LIQUID PHASE)
GROWTH SYSTEM AND)
SUBSTRATE MEMBER)
PRODUCTION METHOD) March 18, 2002

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is
a certified copy of the following foreign application:

Japan 2000-382279, filed December 15, 2000.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Costa Mesa, California office by telephone at (714) 540-8700. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,


Attorney for Applicants

Registration No. 32622

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

CA_MAIN 38834 v 1



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月15日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-382279

[ST.10/C]:

[JP 2000-382279]

出 願 人

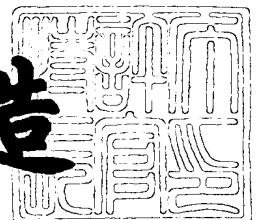
Applicant(s):

キヤノン株式会社

2002年 1月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3114755

【書類名】 特許願

【整理番号】 4246057

【提出日】 平成12年12月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C30B 15/00

【発明の名称】 液相成長方法および液相成長装置

【請求項の数】 29

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 中川 克己

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 浮世 典孝

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 庄司 辰美

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 齊藤 哲郎

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 吉野 豪人

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会

社内

【氏名】 水谷 匡希

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 西田 彰志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 岩根 正晃

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100065385

【弁理士】

【氏名又は名称】 山下 穰平

【電話番号】 03-3431-1831

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010700

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703871

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液相成長方法および液相成長装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 結晶材料が溶け込んだ坩堝内のメルトに、基板を浸漬し、その基板上に結晶を成長させる液相成長方法において、前記坩堝の回転中心から外れた位置に前記基板を配置し、前記基板表面に結晶を成長させることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 2】 結晶材料が溶け込んだ坩堝内のメルトに、支持架に支持した基板を浸漬し、その基板上に結晶を成長させる液層成長方法において、前記支持架の回転中心から外れた位置に前記基板を配置し、前記基板表面に結晶を成長させることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 3】 請求項 1 あるいは 2 に記載の液相成長方法において、前記基板は、支持架に支持され、該坩堝あるいは支持架の回転中心から外れた位置において、その基板表面の向きが前記坩堝内のメルトの流れに対してほぼ平行になるように、配置され、前記基板表面に結晶を成長させることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の液相成長方法において、前記メルトの流れは、主として、前記坩堝あるいは支持架の回転によって生起されることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 の何れか 1 項に記載の液相成長方法において、前記メルト内に静止した整流手段を設けて、これにより、前記メルトの流れを、前記回転中心に向けて、および／または、メルトの液面方向に向けて偏向させることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 4 の何れか 1 項に記載の液相成長方法において、前記メルト内に回転する整流手段を設けて、これにより、前記メルトの流れを、前記回転中心に向けて、および／または、メルトの液面方向に向けて偏向させることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 の何れか 1 項に記載の液相成長方法において、前記坩堝あるいは支持架の回転は、正逆方向に交互に行われることを特徴とす

る液相成長方法。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 の何れか 1 項に記載の液相成長方法において、少なくとも前記基板を上下方向に揺動することを特徴とする液相成長方法。

【請求項 9】 請求項 1 ないし 8 の何れか 1 項に記載の液相成長方法において、少なくとも前記基板を、その基板表面が、ほぼ水平となるように前記支持架に支持することを特徴とする液相成長方法。

【請求項 10】 請求項 1 あるいは 2 に記載の液相成長方法において、前記基板は、少なくとも、複数枚が一群となって、支持架に支持されており、互いに所定間隔を保って配列した方向が、前記坩堝あるいは支持架の回転中心の軸と直交していることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 の何れか 1 項に記載の液相成長方法において、前記基板は互いに独立した複数群からなり、各群は、同一のメルト中に浸漬されていることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 12】 請求項 11 に記載の液相成長方法において、複数群の前記基板は、前記坩堝あるいは支持架の回転中心の軸回りに配置されていることを特徴とする液相成長方法。

【請求項 13】 坩堝及び基板支持架を有する液晶成長装置において、前記基板支持架は、前記坩堝内であって且つ前記坩堝の回転中心から外れた位置で基板を支持することを特徴とする液相成長装置。

【請求項 14】 坩堝及び基板支持架を有する液晶成長装置において、前記基板支持架は、前記坩堝内であって且つ前記基板支持架の回転中心から外れた位置で基板を支持することを特徴とする液相成長装置。

【請求項 15】 請求項 13 あるいは 14 に記載の液相成長装置において、前記坩堝内にある、結晶材料が溶け込んだメルトを所定温度に制御する温度制御手段と、前記坩堝あるいは基板支持架を回転する回転手段とを具備し、前記基板支持架は、前記坩堝内でのメルトの流れに対してほぼ平行になるように、前記基板を支持することを特徴とする液相成長装置。

【請求項 16】 請求項 13 ないし 15 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、前記メルトの流れは、主として、前記坩堝あるいは支持架の回転によっ

て生起されることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 1 7】 請求項 1 3 ないし 1 6 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、前記メルト内に静止した整流手段を設けて、これにより、前記メルトの流れを、前記回転中心に向けて、および／または、メルトの液面方向に向けて偏向させることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 1 8】 請求項 1 3 ないし 1 6 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、前記メルト内に回転する整流手段を設けて、これにより、前記メルトの流れを、前記回転中心に向けて、および／または、メルトの液面方向に向けて偏向させることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 1 9】 請求項 1 8 に記載の液相成長装置において、前記整流手段は、回転する前記坩堝の内周壁から中央に向けて起立するフィン、および／または、前記坩堝の内底面から起立するフィンからなり、前者は坩堝の上部ほど起立が高く、また、後者は坩堝の中央ほど起立が高くなる構成であることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 0】 請求項 1 3 ないし 1 9 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、前記坩堝あるいは支持架の回転は、正逆方向に交互に行われることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 1】 請求項 1 3 ないし 1 9 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、前記坩堝あるいは支持架の回転は、正逆方向に交互に行われ、また、前記整流手段は、前記正逆方向に対称な整流面を持っていることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 2】 請求項 1 3 ないし 2 1 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、少なくとも一群の前記基板を上下方向に揺動することを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 3】 請求項 1 3 ないし 2 2 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、少なくとも一群の前記基板を、その基板表面が、ほぼ水平となるように前記支持架に支持することを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 4】 請求項 1 3 ないし 2 3 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、前記支持架に支持された少なくとも一群の前記基板は、互いに所定間隔

を保って配列した方向が、前記支持架に対する前記坩堝の回転中心の軸と直交していることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 5】 請求項 1 3 ないし 2 4 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、前記基板は互いに独立した複数群からなり、各群は、同一のメルト中に浸漬されていることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 6】 請求項 1 3 ないし 2 5 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、複数群の前記基板は、前記坩堝あるいは支持架の回転中心の軸回りに配置されていることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 7】 前記請求項 1 3 ないし 2 6 の何れか 1 項に記載の液相成長装置において、前記メルトを収容した坩堝、前記基板を支持する支持架、前記メルトの整流手段に加えて、これらを収容する結晶成長炉を装備しており、また、該結晶成長炉には、前記基板上で結晶を成長させる際、内部の気密を保持し、また、前記基板の搬入および搬出時に開閉される開閉手段が装備してあることを特徴とする液相成長装置。

【請求項 2 8】 結晶材料が溶け込んだ坩堝内のメルトに、基板を浸漬し、その基板上に結晶を成長させる基板製造方法において、前記坩堝の回転中心から外れた位置に前記基板を配置し、前記基板表面に結晶を成長させることを特徴とする基板製造方法。

【請求項 2 9】 結晶材料が溶け込んだ坩堝内のメルトに、支持架に支持した基板を浸漬し、その基板上に結晶を成長させる基板製造方法において、前記支持架の回転中心から外れた位置に前記基板を配置し、前記基板表面に結晶を成長させることを特徴とする基板製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置や電気光学装置に利用される各種の半導体結晶や光学結晶を製造するための液相成長方法、および、この方法の実施に好適な液相成長装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

大気汚染などの環境に対する意識の高まりとともに、電力エネルギー源として、太陽電池が民生用にも広く使用されるようになってきた。そして、民生用の太陽電池には、半導体材料として、主として、単結晶または多結晶のシリコンが用いられている。現在これらの結晶は、大きなインゴットから $300\mu\text{m}$ 程度の、所要厚さのウエハの形で切り出されている。

【0003】

しかし、この方法では、切り出しに伴って、 $200\mu\text{m}$ 程度の切り代が出るため、材料の使用効率が悪い上、その切り代分の産業廃棄物処理が必要になる。今後、さらに生産量を増やし、低価格化を進めるには、数十から $100\mu\text{m}$ 程度の、電氣的、光学的に必要とされる最小限の厚さの結晶を成長して、これを使用することが望まれる。

【0004】

そのような薄い結晶シリコンを成長するための方法としては、シリコンを含む気体を、熱やプラズマの作用で分解する気相成長法が、これまで、主に検討されてきた。しかし、太陽電池の量産においては、1バッチで数十～数百枚の4～5インチ角の基板に、 $1\mu\text{m}$ /分以上の速度で、シリコンを成長させることができる装置が求められるが、このような仕様に対応できる気相成長装置は未だ市販されていない。

【0005】

結晶の成長法としては、この他に、液相成長法と呼ばれる方法が古くから知られており、実際に、LED用の化合物半導体結晶、電気光学素子用の光学結晶の製造に利用されている。最近では、特開平10-189924号公報などに開示されているように、結晶シリコン基板やセラミック基板上に成長したシリコン結晶膜を、太陽電池の製造に利用する例が報告されている。

【0006】

液相成長法とは、錫、インジウム、ガリウムなどの金属や、リチウム酸やニオブ酸などの酸化物を加熱して溶かし、この中に必要に応じて、さらに砒素やシリコンなどの結晶を構成するための材料を溶かし込み、基板をその中に浸漬し、メ

ルトを冷却などの手段で過飽和として、基板上に結晶を析出させる方法である。

【 0 0 0 7 】

この液相成長法は良質の結晶が成長できる上に、気相成長法に比べて結晶の成長に寄与せずに、無駄になる原料が少ないので、太陽電池などの、低価格が強く求められるデバイスや、ガリウムやニオブなどの高価な原料を使用する電気光学デバイスへの応用に好適である。

【 0 0 0 8 】

しかし、液相成長法は、これまで用途が限られていたため、主に、3インチ以下の基板に化合物半導体を成長するための装置が市販されていたに過ぎず、特に、シリコンの成長に対しての応用が少なかった。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者らは、これまでの液相成長法および液相成長装置における問題点を考慮して、太陽電池の量産において求められるスループットを得るために必要な方法、および、その方法を実施するのに好適な装置について検討した。

【 0 0 1 0 】

即ち、従来の、複数の基板上に結晶を成長できる液相成長装置は、図2に示すように、基板支持手段の支持架202に5枚の基板201が所定の間隔を保って水平に支持され、成長炉205内にある円筒状の坩堝203に収容されたメルト204に浸漬される。なお、ここでの、メルト204の温度は、電気炉206により適宜制御できる。また、成長炉205にはゲート弁207が取り付けられており、必要に応じて、開閉できるように構成されている。

【 0 0 1 1 】

この成長装置を用いて基板201上に結晶を成長させるには、まず、シリコンなどの結晶の原料からなる、溶かし込み用の基板201'（成長用の基板と区別するため、符号201'で表示）を、基板支持手段の支持架202にて支持し、これらを、電気炉206にて所定の温度に加熱された錫、インジウム、ガリウムなどの低融点金属や、リチウム酸やニオブ酸などの酸化物の融液に浸漬し、その温度における飽和状態まで、結晶原料を溶かし込み、メルト204を調整する。

【 0 0 1 2 】

その後、溶かし込み用の基板 2 0 1' をメルト 2 0 4 から引き上げ、支持架 2 0 2 に対して成長用基板 2 0 1 と交換する（従って、図面上、成長用基板 2 0 1 と溶かし込み用基板 2 0 1' は、区別していない）。この後、メルト 2 0 4 を徐冷し、所定の温度となったところで、その中に成長用基板 2 0 1 を浸漬すると、メルト 2 0 4 に溶けきれなくなった原料が基板 2 0 1 の表面に析出し始め、基板上にシリコンなどの結晶が成長する。

【 0 0 1 3 】

なお、この時に使用する基板 2 0 1 が多結晶やガラスやセラミックスだと、成長する結晶也多結晶となるが、基板が単結晶だと、単結晶を成長することができる。

【 0 0 1 4 】

そして、所望の厚さの結晶が成長したところで、基板 2 0 1 を引き上げる。ゲート弁 2 0 7 を閉じた状態で、基板支持手段の支持架 2 0 2 への、基板 2 0 1 の取り付けや取り外しを行い、ロードロック室 2 0 8 内で、事前に雰囲気を大気から不活性ガスなどに置換してから、ゲート弁 2 0 7 を開いて、基板 2 0 1 を成長炉 2 0 5 内に下降させる。これにより、メルト 2 0 4 が酸素や水と反応を起こしたり、汚染されたりするのを防止できる。

【 0 0 1 5 】

図 2 に示した装置では、基板 2 0 1 の枚数を必要に応じて増やせるが、しかし、発明者らの実験の結果によれば、このような構成では、面内で一様に高い成長速度を得るのが困難であることが分かった。図 3 は、メルトをインジウム、成長する結晶をシリコンとして、5 インチφのシリコンウェファ 5 枚を 1 cm 間隔に保って、上述の装置での結晶成長を行った時の、成長速度の面内分布を示したものである。ここで、○はメルトの底に近い基板上での分布、●はメルトの表層部に近い基板上での分布を示す。基板間の違いはあまり見られないが、各基板の中央部では周辺部の 1 / 3 程度の成長速度しか得られていない。

【 0 0 1 6 】

また、メルトの冷却速度を下げると、面内の不均一性は改善されるが、全体的

に成長速度が低下する。また、基板の間隔を広げても、不均一性が改善されるが、1 バッチあたりの投入可能な基板の枚数が減少し、いずれも、スループットが低下する。

【 0 0 1 7 】

なお、成長速度が面内で不均一になるのは、基板間のメルトに溶けている半導体原料が析出した後に、新鮮なメルトが十分補充できないためであり、堆積速度が速い程、また、基板の間隔が狭いほど、不均一性は顕著になると考えられる。

【 0 0 1 8 】

図 2 の装置で、成長中に基板を回転させると、シリコンを高濃度で含んだメルトが基板の間に補充されて、成長速度の均一性が得やすくなるが、このために、基板支持手段の昇降ロッド 2 0 9 を上下運動および回転運動をさせることが必要となり、この構成で、成長炉内部の気密を保とうとすると、その基板支持手段 2 0 9 の機構が、大型化・複雑化してしまう。

【 0 0 1 9 】

そこで、メルトと基板を相対的に運動させるために、基板を静止し、坩堝を回転させても良い。高温度の坩堝を回転することは、チョクラルスキー法の単結晶引上げ装置では一般的に行われており、この方法を採用する技術は既に確立している。

【 0 0 2 0 】

即ち、特開平 7 - 3 1 5 9 8 3 号公報には、坩堝の回転を液相成長装置に適用した事例が提案されている。基板を静止し、坩堝のみを回転させることにすると、基板支持手段が大幅に簡素化できるので、特に、大型の液相成長装置では有利である。しかし、坩堝を回転させる方式では、成長速度の面内分布が比較的良好でも、投入する基板の枚数が多い場合には、基板間の成長速度が不均一となり易く、十分なスループットが得られなかった。

【 0 0 2 1 】

本発明は、上記事情に基づいてなされたもので、高い成長速度が得られ、1 バッチに多数枚の基板を投入しても、基板内や基板間の成長速度の分布が均一で、装置を大型化しても、メルトの反応や汚染を低減しやすい液相成長方法、および

、この方法の実施に好適な装置を提供することを目的とする。

【 0 0 2 2 】

このためには、坩堝の回転により、メルトと基板の相対的な運動を導入すると、回転機構を簡素化できるが、この際、坩堝の中心と基板の中心が一致していると、回転の中心近傍でメルトと基板の相対的な運動速度が低くなるため、基板間に対する、結晶材料を高濃度で含むメルトの補給が不足し、ここで、結晶の成長速度が低下する。従って、回転の中心には基板を配置しないのが好ましい。

【 0 0 2 3 】

特に、メルト中に多数の基板が浸漬されると、坩堝が回転しても、メルトの流れが妨げられ易く、成長速度が不均一になり易いので、極力メルトの流れを妨げないように、基板を配置すべきである。

【 0 0 2 4 】

【課題を解決するための手段】

このため、本発明では、結晶材料が溶け込んだ坩堝内のメルトに、基板を浸漬し、その基板上に結晶を成長させる液相成長方法において、前記坩堝の回転中心から外れた位置に前記基板を配置し、前記基板表面に結晶を成長させることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

また、本発明では、結晶材料が溶け込んだ坩堝内のメルトに、支持架に支持した基板を浸漬し、その基板上に結晶を成長させる液層成長方法において、前記支持架の回転中心から外れた位置に前記基板を配置し、前記基板表面に結晶を成長させることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

更に、本発明では、坩堝及び基板支持架を有する液晶成長装置において、前記基板支持架は、前記坩堝内であって且つ前記坩堝あるいは支持架の回転中心から外れた位置で基板を支持することを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

この場合、本発明の実施の形態として、前記基板は、支持架に支持され、該坩堝あるいは支持架の回転中心から外れた位置において、その基板表面の向きが前

記坩堝内でのメルトの流れに対してほぼ平行になるように、配置され、前記基板表面に結晶を成長させることが、有効である。

【 0 0 2 8 】

また、前記メルトの流れは、主として、前記坩堝あるいは支持架の回転によって生起されること、前記メルト内に静止した整流手段を設けて、これにより、前記メルトの流れを、前記回転中心に向けて、および／または、メルトの液面方向に向けて偏向させること、前記メルト内に回転する整流手段を設けて、これにより、前記メルトの流れを、前記回転中心に向けて、および／または、メルトの液面方向に向けて偏向させること、前記坩堝あるいは支持架の回転は、正逆方向に交互に行われせ、また、少なくとも前記基板を上下方向に揺動することは、それぞれ、有効である。

【 0 0 2 9 】

また、少なくとも前記基板を、その基板表面が、ほぼ水平となるように前記支持架に支持すること、あるいは、支持架に支持された、少なくとも、一群の前記基板では、互いに所定間隔を保って配列した方向が、前記坩堝あるいは支持架の回転中心の軸と直交していることが実施の形態として挙げられる。

【 0 0 3 0 】

更に、前記基板は互いに独立した複数群からなり、各群は、同一のメルト中に浸漬されていること、更に、複数群の前記基板は、前記坩堝あるいは支持架の回転中心の軸回りに配置されていることが好ましい。

【 0 0 3 1 】

なお、本発明の液相成長装置において、前記坩堝内にある、結晶材料が溶け込んだメルトを所定温度に制御する温度制御手段と、前記坩堝あるいは基板支持架を回転する回転手段とを具備し、前記基板支持架は、前記坩堝内でのメルトの流れに対してほぼ平行になるように、前記基板を支持すること、前記整流手段が、回転する前記坩堝の内周壁から中央に向けて起立するフィン、および／または、前記坩堝の内底面から起立するフィンからなり、前者は坩堝の上部ほど起立が高く、また、後者は坩堝の中央ほど起立が高くなる構成であること、前記坩堝あるいは支持架の回転が、正逆方向に交互に行わる際に、前記整流手段が、前記正逆

方向に対称な整流面を持っていることは、それぞれ、有効である。

【 0 0 3 2 】

また、前記メルトを収容した坩堝、前記基板を支持する支持架、前記メルトの整流手段に加えて、これらを収容する結晶成長炉を装備しており、また、該結晶成長炉には、前記基板上で結晶を成長させる際、内部の気密を保持し、また、前記基板の搬入および搬出時に開閉される開閉手段が装備してあることは、実施の形態として好ましい。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係わる実施の形態を、具体的に説明する。図 1 には、本発明者らが発明した液相成長装置の一例が示されている。ここでは、20 枚の基板 1 0 1 が、基板支持手段の支持架 1 0 3 により支持され、メルト 1 0 4 に浸漬される。この実施の形態では、5 枚の基板（ウエハ）が所定の間隔を平行に保った群 1 0 2 として構成されており、さらに、4 組の群 1 0 2 が、坩堝の中央から一定の距離を隔てて、配置されている。即ち、メルトの流れが遅い、坩堝の回転中心から外れて、基板が配置されるので、著しい成長速度の不均一を避けることができる。

【 0 0 3 4 】

なお、その趣旨においては、基板の群 1 0 2 は、少なくとも 1 組であっても良い。しかし、これでは、坩堝 1 0 5 の大きさの割に、投入可能な基板の枚数が少なくなるので、図 1 のように、複数の基板群 1 0 2 をいずれも、坩堝の回転中心の回りに配置するのがよい。

【 0 0 3 5 】

また、ここでは、基板がすべて完全に水平に支持されているが、基板 1 0 1 を 5 ～ 1 0 ° 程度傾けると、メルト 1 0 4 への出し入れ（上・下動作）の際、基板表面に対するメルトの流れがスムーズになる。また、この程度の傾きは、坩堝 1 0 5 の回転により誘起されたメルトの流れを妨げることにならない。

【 0 0 3 6 】

メルト 1 0 4 を保持する坩堝 1 0 5 は、回転手段 1 0 6 のステージに載せられ

、所定の回転数で回転する。これらの全体は、成長炉 1 0 7 に収容されている。また、メルト 1 0 4 は電気炉などの加熱手段 1 0 8 により、その温度が制御される。また、成長炉 1 0 7 の内部には、支持部材 1 0 9 が取り付けられ、この上に、基板支持手段の支持架 1 0 3 が載置できる。成長炉 1 0 7 には、開閉可能なゲート弁 1 1 0 が取り付けられ、基板支持手段の支持架 1 0 3 を、成長炉 1 0 7 内部に収容した後に閉じて、内部の気密を保つこともできるし、必要に応じて、開放して、基板支持手段の支持架 1 0 3 を出し入れすることもできる。

【 0 0 3 7 】

前記基板支持手段は、その支持架 1 0 3 に設けた引掛け部材 1 1 2 にフック 1 1 3 を掛け、ロードロック室 1 1 1 に取り付けられた昇降機構 1 1 4 を作動させることによって、成長炉に対して、支持架 1 0 3 を出し入れすることができる。こうすると、結晶成長中、気密を保ち易く、しかも、前記基板支持手段の昇降機構 1 1 4 が小型化、簡素化できるので、特に、大型の装置に適用する上で好適である。また、その昇降機構 1 1 4 の動作により、支持架 1 0 3 を中間位置 1 1 5 に保持することもできる（図 1 の想像線）。メルト 1 0 4 に浸漬する前に、基板 1 0 1 をこの位置に保持し、基板 1 0 1 の温度を所定の温度にしてから、メルト 1 0 4 に浸漬すると、液相成長の初期状態を、再現性良く制御できる。また、基板 1 0 1 をメルト 1 0 4 から引き上げた後、中間位置 1 1 5 でしばらく保持すると、基板表面に残留したメルトを除くのに効果がある。

【 0 0 3 8 】

図 1 の装置を用いた場合の、成長速度の面内分布を図 4 に示す。ここでも、○はメルトの底に近い部分の基板上での分布、●はメルトの表層部に近い部分の基板上での分布を示す。図 2 の装置を用いた場合に比べて、その面内分布には、かなりの改善が見られる。ただし、表層部では全般に成長速度が低く、基板間の差が認められる。

【 0 0 3 9 】

そこで、本発明者らは、水にエチレングリコールを混合し、比重を調整した中に、ポリスチレン粒子を分散したモデル液体を用いて、坩堝を回転させた時に、その内部の液体が、どのような流れとなるかを観察した。

【 0 0 4 0 】

図5の(a)は、坩堝の回転により誘起されたメルトの流れを上から眺めた図であり、図5の(b)は、同じく、坩堝の内壁に近い部分のメルトの流れを横から眺めた図である。液体は、坩堝の底面近傍の外周では、ほぼ、坩堝と同じ速度で運動するが、坩堝の回転の中心軸に近づくにつれて、また／あるいはメルトの液面に近づくにつれ、次第に速度が低下している。そして、メルトの内部に静止した基板のように、メルトの運動を妨げる物体が配置されると、この傾向が強くなる。

【 0 0 4 1 】

即ち、坩堝の中央部に近づくにつれ、あるいはメルトの表面に近づくにつれ、結晶原料を含む新鮮なメルトの補給が不足するため、結晶の成長速度が低下することになる。この傾向を防ぐために、メルトを攪拌することが効果的である。しかし、成長が1000℃近辺の高温に晒される場合や、外部との気密性を要求される場合、成長炉の内部に攪拌機構を備えることは容易でない。

【 0 0 4 2 】

そこで、メルトの流れを補うための改善方法が検討された。その一例を、図6を参照して、説明する。即ち、メルトは坩堝の回転に誘起されて回転するが、その原動力は坩堝の内壁とメルトとの摩擦による。そこで、特に、流れの遅い部分を加速するため、坩堝の底面に、回転中央に近いほど背の高くなるフィン602を、および／または、坩堝の内壁面に上部ほど背の高いフィン602を設けると、坩堝の底面や内壁面とメルトの摩擦が増加し、メルトの回転の均一性を高められる。

【 0 0 4 3 】

図7は、本発明の装置(図1を参照)の坩堝105の内面に、フィン601とフィン602とを設けた場合の、成長速度の分布を示したものである。ここでも、○はメルトの底に近い基板上での分布、●はメルトの表層に近い基板上での分布を示す。フィンの無い坩堝を用いた場合に比べて、その改善が見られる。なお、フィン601やフィン602は、坩堝と一体で形成されていれば良く、構造が簡素で大型の装置にも対応し易い。

【 0 0 4 4 】

上述の改善方法の、別の一例を図 8 で説明する。ここでは、基板の列 8 0 1 が、時計方向に回転する坩堝 8 0 2 に入ったメルト 8 0 3 に浸漬されている。ただし、ここでは説明の便宜上、基板は 1 列だけを図示する。図 8 の (a) は、メルトの状況を平面図で示したものである。

【 0 0 4 5 】

前述の通り、坩堝の回転により誘起されたメルトの流れは、坩堝の内壁面近傍で速く、中心軸近傍では遅い。メルトの中に、静止した整流板 8 0 4 を入れると、内壁面近傍での、高速のメルトの流れは、整流板に導かれて、回転の内側に偏向された後、拡散し、基板の間隙をほぼ一様な速さで通過するようになる。

また、図 8 の (b) は、坩堝内の断面を示したものであり、前述の通り、液面近くのメルトの流れは底部に比べて遅くなる。メルトの中に静止した整流板 8 0 5 を入れると、坩堝の底に近い高速のメルトの流れはメルト液面に導かれ、液面近くのメルトの流れを加速する。

【 0 0 4 6 】

なお、図 8 では、簡単のため、1 枚の整流板 8 0 4 または 8 0 5 しか、図示していないが、基板群の数に応じて、例えば、4 枚を回転中心の回りに均等に配置して、使用すれば良い。また、フィン 8 0 4 と 8 0 5 を併用しても良い。フィン 8 0 4 および／またフィン 8 0 5 を使用すると、基板群が配置された全領域で、メルトの流れの速さがほぼ均一になるので、結晶の成長速度も、面内で均一化することが期待できる。

【 0 0 4 7 】

図 9 は、本発明の装置（図 1 を参照）において、水平面方向での整流板 8 0 4 と上下方向での整流板 8 0 5 とを、各基板列の上流側に設けた場合の、成長速度の分布を示したものである。前記装置（図 1 ）を用いた場合に比べて、さらに改善が見られる。また、整流板 8 0 4 や整流板 8 0 5 はメルト中に静止しておれば良く、基板支持手段と一体に形成できて、格別な駆動機構が不要なために、大型の液相成長装置にも対応し易い。

【 0 0 4 8 】

なお、図8に示した方法では、坩堝の回転方向が固定されているために、成長速度を高めようとする、基板内において、メルトの上流側で結晶原料が先に析出し、下流側で成長速度が遅くなる傾向がある。この問題点を解決するには、E. A. Giess: J. Cryst. Growth 31 (1975) 358に記載されているように、坩堝の回転を一定周期で正逆交互に反転しながら、成長するとよい。

【0049】

ただし、回転が反転した時には、図8の整流板804や805は、流れに対して逆の傾きを持つことになり、所期の効果が得られない。そこで、図10の整流手段1001や1002に示すように、整流手段を坩堝の正逆の回転に対し、対称な形状の部材とすることが考えられた。この手段により、上述の問題は解消される。即ち、整流手段1001は坩堝中央部のメルトの加速に効果があり、整流手段1002は液面近傍のメルトの加速に効果がある。なお、図10では、簡単のために、1組の整流手段しか示していないが、基板群の数に応じて、例えば、4個を使用すれば良く、整流手段1001と1002を併用しても良い。こうすると、坩堝の正逆の回転に対して、整流手段が、メルトの、正逆の流れの何れにも同等な効果を持つので、結晶の成長速度の均一化に、さらに効果的である。

【0050】

また、図1の装置において、成長中、基板支持手段の支持架103を、昇降機構114を用いて、上下に揺動すると、更に、基板の間隔にメルトを補給する効果を持つ。第11図は、図6や図10に示した方法に加えて、毎分6回基板を、上下に5cm揺動させた時の、成長速度の分布を示したものであり、著しい改善が見られた。

【0051】

なお、本発明は3インチφ以下のウエハに適用できることは勿論であるが、6インチφ、8インチφ、更には12インチφといった大面積のウエハ表面上への膜形成に適している。また、坩堝の回転中心から外れた位置とは、具体的には基板表面に形成される膜厚分布が40パーセント以内、より好ましくは20パーセント以内、更に好ましくは10パーセント以内になるように配置するのがよい。

【 0 0 5 2 】

【実施例】

(実施例 1)

本実施例においては、本発明の趣旨に沿った基板配置の別の事例を示す。使用する装置は、概ね、図 1 に示した装置と同様であるが、基板支持手段の支持架 1 0 3 の構造が異なる。本実施例の基板支持手段の構造は、図 1 2 に示されている。ここでは、基板 1 2 0 1 は直立して、支持架 1 2 0 0 に支持されている。5 枚の基板 1 2 0 1 が 2 c m の間隔を保持して支持され、1 組の基板群 1 2 0 2 を構成している。

【 0 0 5 3 】

前記支持架は、天板 1 2 0 3 と、天板に固定された基板支持バー 1 2 0 4 とからなる。基板支持バー 1 2 0 4 には、基板を所定の位置に支持するために、基板 1 2 0 1 の厚さよりやや広い幅で、支持溝（図示せず）が形成されており、基板 1 2 0 1 の下側縁は、この支持溝に嵌め込まれている。また、基板群 1 2 0 2 は 3 組ある。

【 0 0 5 4 】

なお、符号 1 2 0 5 は、基板が浸漬されるメルトの位置を示している。ここでは、基板群が 3 組であるが、4 組や 5 組でも良く、基板の大きさや 1 組あたりの基板の枚数、坩堝の大きさなどを勘案し、適宜決定すればよい。

【 0 0 5 5 】

以下、装置の構成要素については、図 1 の実施の形態での符号を用いるが、基板支持手段の支持架の部材についてのみ、図 1 2 の符号によって、説明する。まず、基板交換位置（図示せず）で、メルト 1 0 4 への溶かし込み用に、1 5 枚の 6 インチφの基板、具体的には、p 型多結晶シリコンウエハ 1 2 0 1' を、基板支持手段の支持架 1 2 0 0 に装着し、基板昇降機構 1 1 4 により、ロードロック室 1 1 1 に引き上げる。

【 0 0 5 6 】

一方、成長炉 1 0 7 は、ゲート弁 1 1 0 を閉じ、内部に水素ガスを流しつつ、電気炉 1 0 8 で加熱し、内部を 9 0 0 ℃とした。この状態で、ロードロック室 1

11をゲート弁110の上に移動し、ロードロック室111内部を一旦、真空排気してから、水素をフローして、ゲート弁110を開いた。続いて、基板支持手段の支持架1200を徐々に降下させ、ウェハ1201'をメルト中に浸漬し、ターンテーブル106により坩堝105を毎分6回転で回転させつつ、30分保持して、シリコンを溶かし込み、メルト104を飽和させた。

【0057】

その後、ゲート弁110を開いて、支持架1200をメルト104から引き上げ、ロードロック室111内部に回収してから、ゲート弁110を閉じた。次いで、ロードロック室内部を窒素ガスで置換してから、基板交換位置（図示せず）に移動し、ここで、溶かし込み用の基板1201'を外し、成長用の基板として、15枚の6インチφの面方位（100）の、 p^+ 型のCzシリコンウェハ1201を取り付けた。

【0058】

そして、ロードロック室111を、再びゲート弁110の上に移動し、ロードロック室111内部を真空排気してから、水素をフローし、ゲート弁110を開いた。続いて、支持架1200を徐々に降下させ、基板加熱位置115まで降下させ、900℃まで加熱した。次いで、毎分1℃/分の速度で、メルトの冷却を始めた。メルトが895℃となったところで、さらに、支持架1200を降下させ、シリコンで過飽和となったメルト104の中に、ウェハ1201を浸漬し、引き続き、メルトを冷却し続けた。坩堝を毎分3回転させつつ、30分経過したところで、支持架1200を、基板加熱位置115まで引き上げ、1分停止し、ウェハ面に残留しているメルトを切り、さらに、ロードロック室111の内部まで引き上げ、ゲート弁110を閉じた。次いで、ロードロック室111の内部を窒素で置換してから、基板交換位置に移動し、成長用のウェハ（基板）1201を外した。ウェハ（基板）1201には、シリコン層がエピタキシャル成長しており、マイクロメーターで、その厚さを測定したところ、面内平均値は15枚の中で $30\mu\text{m} \pm 10\%$ に分布しており、1枚の基板の中でも、端から5mmより内側では、 $\pm 10\%$ の誤差で、結晶厚さが分布していた。

【0059】

比較のため、溶かし込みを行う際の坩堝の回転を停止した以外は、上述と同様にして、成長を行ったところ、エピタキシャル層の厚さの平均値は $20\ \mu\text{m}$ となった。これは、溶かし込みの工程で、メルトにシリコンが十分溶け込んでいなかったためと推測された。

【 0 0 6 0 】

さらに比較のため、成長を行う際の坩堝の回転を停止した以外は、上述と同様にして、成長を行ったところ、エピタキシャル層の厚さは 15 枚の面内平均値で、 $25\ \mu\text{m} \pm 20\%$ の厚さで、分布のバラ付きを示し、1 枚の基板の中では、端から 5 mm より内側では $\pm 50\%$ の分布のバラ付きを示した。これは、明らかに、メルトの流れの不足により、成長速度に著しい分布差を生じたものと考えられる。

【 0 0 6 1 】

(実施例 2)

本実施例は、実施例 1 に用いたのと同様の装置で、基板支持バー 1 1 0 4 に設ける支持溝の間隔を、約 6 mm 狭めることにより、1 つの基板列 1 1 0 2 あたりの基板数を 15 枚、合計の収容枚数を 45 枚とした。そして、実施例 1 と同様のシーケンスで、シリコンをエピタキシャル成長したところ、エピタキシャル層の厚さは、45 枚の面内平均値が $25\ \mu\text{m} \pm 15\%$ の分布のバラ付きを示し、1 枚の基板の中では端から 5 mm より内側で $\pm 40\%$ の分布のバラ付きを示すことが分かった。即ち、基板の間隔を著しく狭めたため、基板と基板の間隙に流れるメルトが減少し、成長速度に分布差が生じたものと考えられた。

【 0 0 6 2 】

本実施例においては、さらにメルトの整流手段を付加した。図 1 3 には、付加したメルトの整流手段の構造を示す。ここでは、3 組の基板列に対応して 3 個のメルトの整流手段 1 2 0 6 が、基板支持手段の支持架 1 2 0 0 の天板 1 2 0 3 に取り付けられている。整流手段 1 2 0 6 は、メルトの正逆両方向の回転に対応するため、両回転方向に対して、対称な形状をなす。その 1 方の面は、その法線が、なかば坩堝の内部を向き、なかばメルトの液面を向いている。

【 0 0 6 3 】

そのため、坩堝の回転に誘起されたメルトの流れが、整流手段の表面にあたると、流れが、半ばを回転の内側に、半ばをメルトの液面に向けて、逸らされる。こうして、坩堝の回転軸近傍やメルトの液面近傍の流れが加速され、シリコンを高濃度で含むメルトが十分に供給される。

【 0 0 6 4 】

このように設計された整流手段を、基板支持手段の支持架 1 1 0 0 に取り付けて、実施例 1 と同様なシーケンスで、シリコンの成長を行った。ただし、メルト中へのシリコンの溶かし込みの際には、坩堝を 1 分毎に回転方向を逆転しながら、毎回、6 回転し、基板上へのエピタキシャル成長の際には、坩堝を 1 分毎に回転方向を逆転しながら、毎回、3 回転した。

【 0 0 6 5 】

成長したエピタキシャル層の厚さは、4 5 枚の面内平均値で $30\mu\text{m} \pm 5\%$ の分布差を示し、1 枚の基板では、端から 5 mm より内側で $\pm 10\%$ の分布差を示し、内容が大幅に改善され、同じ大きさの装置で 1 バッチ当たりの成長可能な枚数を 3 倍に増やすことができた。坩堝の回転方向の反転、および、メルトの流れの整流手段 1 2 0 6 が、所期の効果を発揮したものである。

【 0 0 6 6 】

(実施例 3)

本実施例では、本発明の方法を用いて、薄型単結晶シリコン太陽電池を量産する方法を説明する。この太陽電池の製造プロセスの詳細については、特開平 1 0 - 1 8 9 9 2 4 号公報に記載されているが、その概略を図 1 4 に示して、説明する。ここで、1 4 0 1 は 1 2 5 mm 角の方位 (1 1 1) の p^+ 型シリコンウエハ (基板) である。このウエアをエタノールで希釈したフッ酸溶液に漬け、正の電圧をかけて、陽極化成を行った。

【 0 0 6 7 】

この陽極化成により、基板 1 4 0 1 の表面に、厚さ $5\mu\text{m}$ の多孔質層 1 4 0 2 が形成された。多孔質層には複雑に絡み合った微細孔が形成されているが、単結晶性を保持しており、この上にエピタキシャル成長をすることができる。それに先立って、水素雰囲気中で、基板を 1050°C でアニールした。こうすると、多

孔質層の表面の原子が再配列し、表面の微細孔が封じられるので、引き続いて行うエピタキシャル成長に好都合である。この上に、液相成長法で、厚さ $30\ \mu\text{m}$ の p^- 型層 1 4 0 3 を成長した。さらに、接合を形成するため、液相成長法で、厚さ $0.3\ \mu\text{m}$ の n^+ 層 1 4 0 4 を成長した。

【 0 0 6 8 】

液相成長法の詳細については別途説明する。ただし、 n^+ 層 1 4 0 4 は不純物の熱拡散などによって形成しても良い。次に、 n^+ 層 1 4 0 4 の表面にパシベーション層として熱酸化膜 1 4 0 5 を形成した。さらに表面側の電極として、銀ペーストを櫛形のパターンに印刷した後、焼成して、グリッド電極 1 4 0 6 を形成した。

【 0 0 6 9 】

焼成により、銀のパターンは熱酸化膜 1 4 0 5 を突き抜け、 n^+ 層 1 4 0 4 と接触した。ここまで形成した上に接着剤 1 4 0 7 で、ガラス板 1 4 0 8 を貼り付けた後、シリコン基板 1 4 0 1 を固定し、ガラス基板 1 4 0 8 に力を加えて、微細孔が形成されて脆くなっている多孔質層 1 4 0 2 の部分を破壊し、 p^- 型層 1 4 0 3 より上の部分を基板 1 4 0 1 から剥離した。

【 0 0 7 0 】

剥離された p^- 型層 1 4 0 3 の裏面には多孔質層の残渣があるので、これをエッチングで除去した後、導電性の接着剤 1 4 0 9 でニッケルメッキした銅板 1 4 1 0 を貼り付けた。一方、残った基板の表面にも多孔質層の残渣があるので、これもエッチングで除去し、鏡面を回復した。こうして再生された基板 1 4 1 1 は、厚さが $5\ \mu$ 強ほど減少した以外は始めの状態と同等になったので、工程の最初に戻し、繰り返し、使用することができた。なお、図 1 4 においては、多孔質層 1 4 0 2 の厚さを説明のため、極端に厚く表現していることに留意されたい。

【 0 0 7 1 】

次いで、図 1 5 にて、シリコンをエピタキシャル成長するための液相成長装置の構造について説明する。1 5 0 1 は溶かし込み用または成長用の基板であり、 125mm 角の大きさである。この基板が 1cm 間隔で 5 0 枚縦に並べられ、基板群 1 5 0 2 を構成している。基板支持手段の支持架 1 5 0 3 は、このような基板群

1 5 0 2 を 4 組、図 1 の装置と同様に、配置している。メルト 1 5 0 4 は、ターンテーブル 1 5 0 6 上に置かれた石英ガラス製の坩堝 1 5 0 5 に収容されている。坩堝の内壁面には、上部ほど背の高いフィン 1 5 1 6 が 8 枚、4 5 度毎に取り付けられ、坩堝の回転により、メルトの流れを誘起し易くしている。また、ターンテーブル 1 5 0 6 は、正逆両方向に回転可能で、摺動部にはシール材が設けられ、気密が保持されている。これらの全体は、石英ガラス製の成長炉 1 5 0 7 に収容されている。

【 0 0 7 2 】

なお、メルトの温度は、電気炉ヒータ 1 5 0 8 により制御される。基板支持手段 1 5 0 3 は、成長炉 1 5 0 7 の内壁面に設けられた支持部材 1 5 0 9 により支持できるので、成長中は成長炉 1 5 0 7 を、ゲート弁 1 5 1 0 により閉鎖することができる。ここで、ゲート弁は図面の背面の方向に移動するように取り付けられている。また、本実施例の装置では、成長炉 1 5 0 7 と、同等の成長炉（図示せず）が独立して設けられており、 n^+ 層 1 4 0 4 の成長に使用される。

【 0 0 7 3 】

さらに、これらと独立に、多孔質層 1 4 0 2 を形成した基板 1 4 0 1 を水素アニールするための水素アニール炉 1 5 1 7 が設けられている。図 1 5 の中央では、支持架 1 5 0 3 を、昇降機構 1 5 1 4 により、ロードロック室 1 5 1 1 から水素アニール炉 1 5 1 7 の内部に移動した直後の状態を示す。この後、フック 1 5 1 3 を外し、ロードロック室 1 5 1 1 に支持架 1 5 0 3 を収容すると、成長炉 1 5 0 7 と同様に、ゲート弁を閉じて、内部の気密が保持できる。

【 0 0 7 4 】

また、成長炉 1 5 0 7 や水素アニール炉 1 5 1 7 のゲート弁 1 5 1 0 と、ロードロック室 1 5 1 1 のゲート弁の連結室 1 5 1 6 とが設けられており、ロードロック室 1 5 1 1 と成長炉 1 5 0 7 や水素アニール炉 1 5 1 7 の間で、支持架 1 5 0 3 のやり取りをする場合に、予め、連結室 1 5 1 6 の内部を排気してから、ゲート弁を開くと外気による汚染を全く受けずに、基板を移動できる。なお、1 5 1 8 は基板交換室である。

【 0 0 7 5 】

次に、多孔質層 1 4 0 2 が形成された基板 1 4 0 1 にエピタキシャル成長を行うプロセスを詳しく説明する。図 1 5 の装置で、まず p⁻型の溶かし込み用の多結晶シリコン 1 5 0 1' を支持架 1 5 0 3 に装着し、この装着済みの支持架 1 5 0 3 を基板交換室 1 5 1 8 の所定位置にセットする。

【 0 0 7 6 】

次いで、基板交換室 1 5 1 8 のゲート弁を閉じて、内部を真空排気する。そして、この直上に、内部を真空としたロードロック室 1 5 1 1 を移動し、連結室も真空排気してから、ロードロック室のゲート弁を開き、ロードロック室内部の昇降機構 1 5 1 4 を動作させ、支持架 1 5 0 3 をロードロック室 1 5 1 1 に格納し、ゲート弁を閉じてから、ロードロック室 1 5 1 1 を水素アニール炉 1 5 1 7 の直上に移動する。

【 0 0 7 7 】

ロードロック室 1 5 1 1 と連結室 1 5 1 6 の内部を真空排気した後、水素をフローする。一方、水素アニール炉 1 5 1 7 の内部は、1 0 5 0℃に保持され、水素がフローされている。ロードロック室 1 5 1 1 と水素アニール炉 1 5 1 7 の内部の圧力バランスがとれたところで、水素アニール炉 1 5 1 7 のゲート弁を開き、支持架 1 5 0 3 を降下させ、1 0 分保持した。この操作により、溶かし込み用の多結晶シリコン 1 5 0 1' の表面に存在する自然酸化膜が除去される。

【 0 0 7 8 】

その後、支持架 1 5 0 3 をフック 1 5 1 3 に係止し、昇降機構 1 5 1 4 で引き上げ、水素アニール炉 1 5 1 7 のゲート弁とロードロック室 1 5 1 1 のゲート弁とを閉じる。引き続きロードロック室 1 5 1 1 を成長炉 1 5 0 7 の直上に移動する。ここでも、連結室の内部を真空排気した後、水素をフローし、ロードロック室 1 5 1 1 のゲートバルブと成長炉 1 5 0 7 のゲートバルブとを開き、成長炉 1 5 0 7 内の基板予熱位置まで支持架 1 5 0 3 を降下させ、9 5 5℃に加熱した後、9 5 5℃に保持されたメルト 1 5 0 4 に浸漬した。この時、支持架 1 5 0 3 は支持部材 1 5 0 9 に載った状態で、支持されるので、昇降機構 1 5 1 4 は、そのフック 1 5 1 3 を外すことで、ロードロック室 1 5 1 1 内部に格納され、ゲート弁 1 5 1 0 を閉じることができる。この状態で、ターンテーブル 1 5 0 6 を、毎

分6回で、1分毎に正回転、逆回転を交互に繰り返しながら、シリコンをメルト1504に溶かし込んだ。

【0079】

その間、 n^+ 型の溶かし込み用の多結晶シリコンを装着済みの別の基板支持手段を、基板交換室1508にセットし、上述と同様な手順で、 n^+ 型シリコン（図示せず）の成長炉のメルト1504に、シリコンとドーパントを溶かし込んだ。なお、通常、1回の成長で消費するシリコンの量は、 n^+ 型の方が p^- 型の場合よりはるかに少なく、溶かし込みも短時間で終了する。

【0080】

次に、表面に多孔質層1402が形成された方位(111)の p^+ 型単結晶シリコンウエハ1501(1401)を支持架に装着し、さらに、この支持架を基板交換室1508にセットする。溶かし込みの際と同様に、まず、水素アニール炉1517で、水素アニールを行う。引き続き、成長炉で p^- 型層1403の成長を行う。その場合、基板予熱位置1515で基板1501を955℃に加熱した後、メルトを1℃/分の割合で冷却する。

【0081】

メルトが950℃となったところで、基板1501をメルトに浸漬し30分間、成長を行った。その間、毎分3回で、1分毎に正回転、逆回転を繰り返した。その後、支持架1503を引き上げ、 n^+ 型用の成長炉（図示せず）において、 n^+ 型層1404を成長した。この場合、メルトは855℃から-0.5℃/分の割合で冷却を開始し、850℃となったところで、成長を開始し、3分間で終了した。一方、 n^+ 型層1404の成長を行っている間に、次の p^- 型層の成長炉1507で、シリコンの溶かし込みを開始し、次の成長に備えることができた。

【0082】

こうして成長した基板は、その p^- 型層1403と n^+ 型層1404との厚さの合計を、断面をSEM（走査型電子顕微鏡）で観察して評価し、 n^+ 型層1404の厚さをSIMS（2次イオン質量分析法）で測定したところ、その結果によれば、基板の中央と周辺から5mmの位置での厚さの差が、 p^- 型層1403については±10%以内に、 n^+ 型層1404については±5%以内に収まっていた

【0083】

また、図14の方法で形成した太陽電池の変換効率の分布は、±1%に収まり、極めて良好だった。さらに、本実施例の装置によれば、アニール、成長、溶かし込みをアニール炉や成長炉を閉じた状態で行えるため、複数の炉を、効率的に使用できるばかりでなく、成長中にロードロック室などから不要な汚染を受ける恐れも少ない。

【0084】

なお、上述実施例においては、専らシリコンの場合について説明を行ったが、本発明の方法は半導体ばかりでなく、他の結晶材料の液相成長にも応用可能であることは言うまでも無い。

【0085】

【発明の効果】

本発明によれば、基板面における結晶の厚さを均一化できる効果が得られる。また、簡単な機構によって、多数の基板上に厚さの一樣な結晶を液相成長できる。また、成長中に成長装置内からの汚染を受ける可能性も少ない。また、アニールや成長などの、複数の処理を行う場合には、複数の処理を行う炉の間で基板を効率的に受け渡しできるため、結晶成長のスループットが高まる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係わる実施の形態を示す液相成長装置の図である。

【図2】

従来の液相成長装置の1例を示す図である。

【図3】

従来の液相成長装置を用いた場合の成長速度の面内分布を示す図である。

【図4】

本発明に係わる液相成長装置を用いた場合の成長速度の面内分布の1例を示す図である。

【図5】

坩堝を回転させた場合のメルトの流れを示す図である。

【図 6】

本発明にもとづく坩堝を回転させた場合のメルトの流れを示す図である。

【図 7】

図 6 に示す坩堝を用いた場合の成長速度の面内分布を示す図である。

【図 8】

本発明に係わる整流手段を用いて坩堝を回転させた場合のメルトの流れを示す図である。

【図 9】

図 8 に示す整流手段を用いた場合の成長速度の面内分布を示す図である。

【図 1 0】

本発明に係わる別の整流手段を示す図である。

【図 1 1】

基板をメルト中で上下に揺動させた際の成長速分布を示す図である。

【図 1 2】

本発明に基づく基板支持手段の一例を示す図である。

【図 1 3】

本発明に基づくさらに別の整流手段を示す図である。

【図 1 4】

本発明を適用する太陽電池の製法の 1 例を示す図である。

【図 1 5】

太陽電池の量産に好適な、本発明に基づく液相成長装置を示す図である。

【符号の説明】

1 0 1、2 0 1、1 2 0 1、1 5 0 1	基板
1 0 2、8 0 1、1 2 0 2、1 5 0 2	基板群
1 0 3、2 0 2、1 2 0 0、1 5 0 3、1 5 0 3'	基板支持手段の支持架
1 0 4、2 0 4、8 0 3、1 2 0 5、1 5 0 4	メルト
1 0 5、2 0 3、8 0 2、1 5 0 5	坩堝
1 0 6、1 5 0 6	ターンテーブル

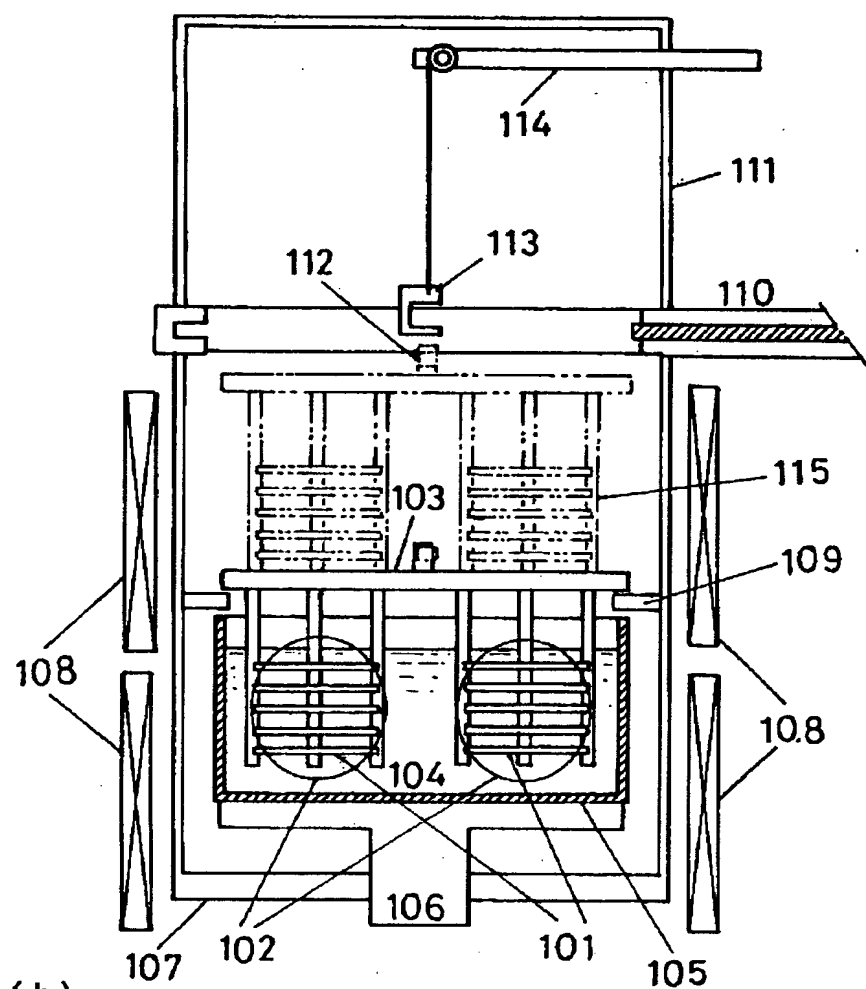
- 107、205、1507 成長炉
- 108、206、1508 電気炉ヒータ
- 110、207、1510 ゲートバルブ
- 111、1511 ロードロック室
- 114 基板支持手段の昇降機構
- 601、602 坩堝内面に設けたフィン
- 804、805、1001、1002、1206 メルトの流れの整流手段
- 1401 単結晶シリコンウエハ
- 1402 多孔質層
- 1403 エピタキシャル成長した p^- 層
- 1404 n^+ 層
- 1406 グリッド電極
- 1408 支持基板
- 1410 裏面電極
- 1411 再生されたウェファ

【書類名】

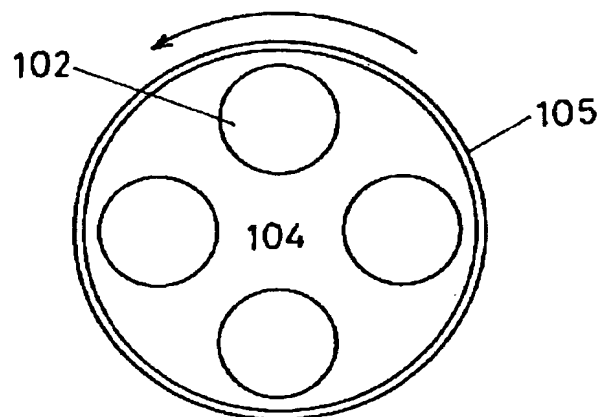
図面

【図 1】

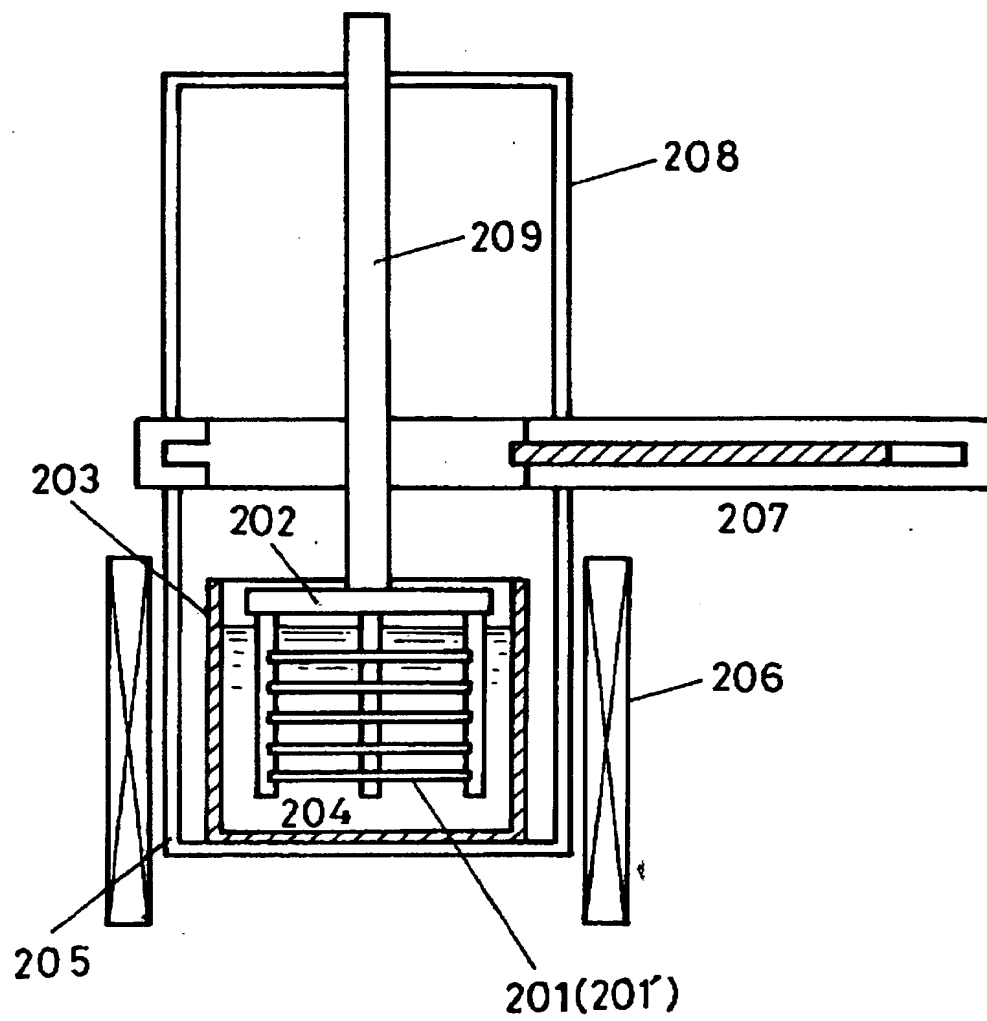
(a)



(b)

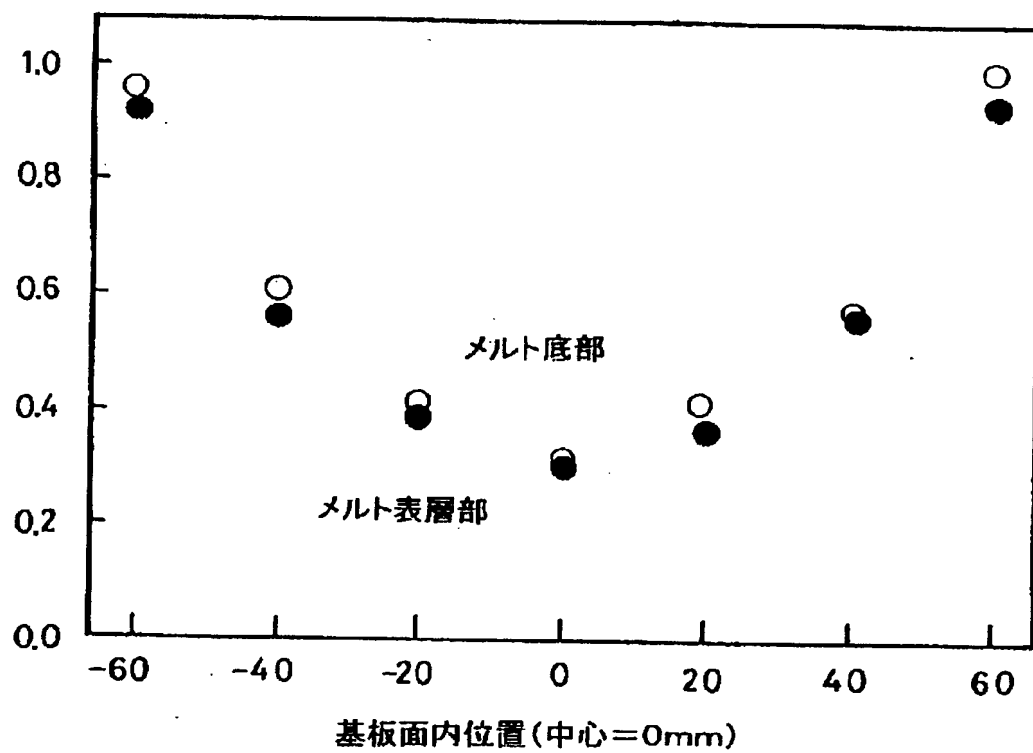


【図 2】



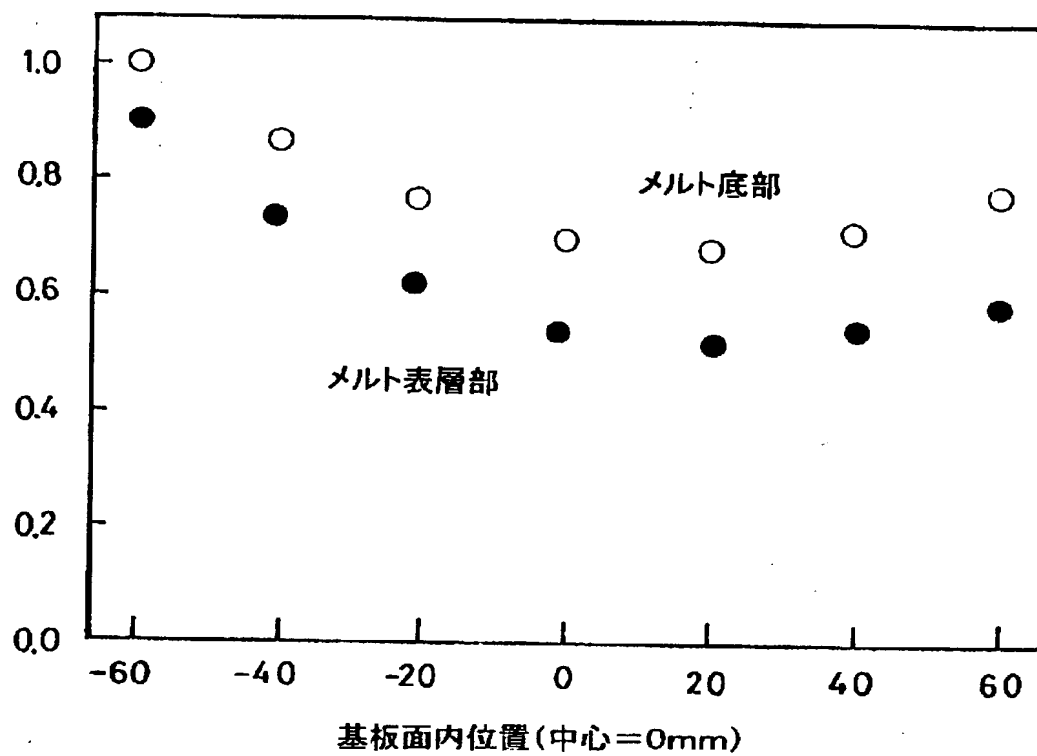
【図 3】

成長速度(相対値)



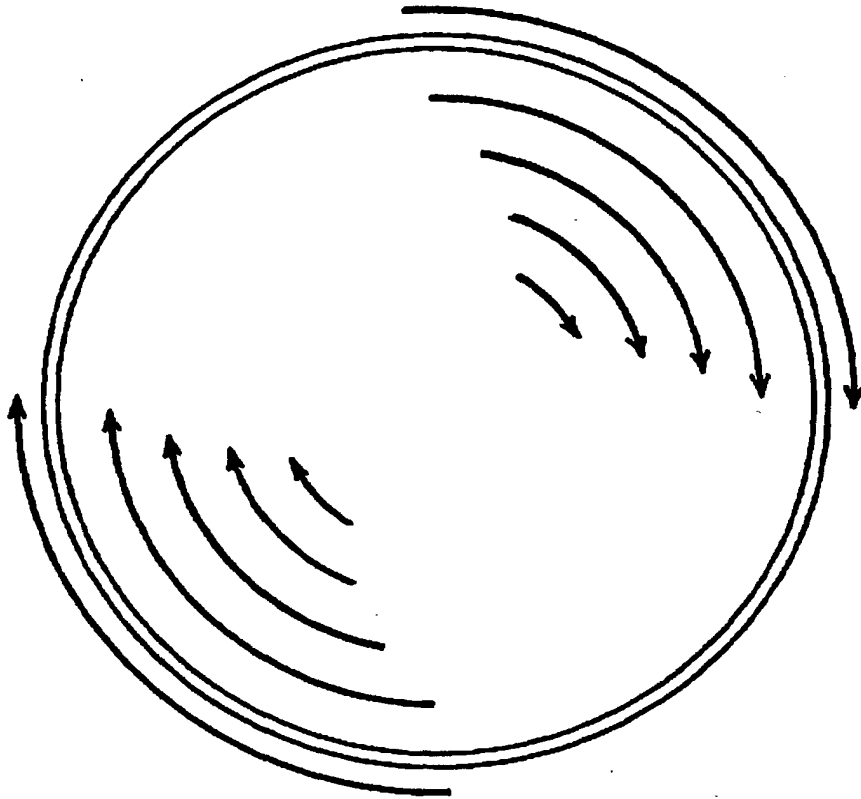
【図 4】

成長速度(相対値)

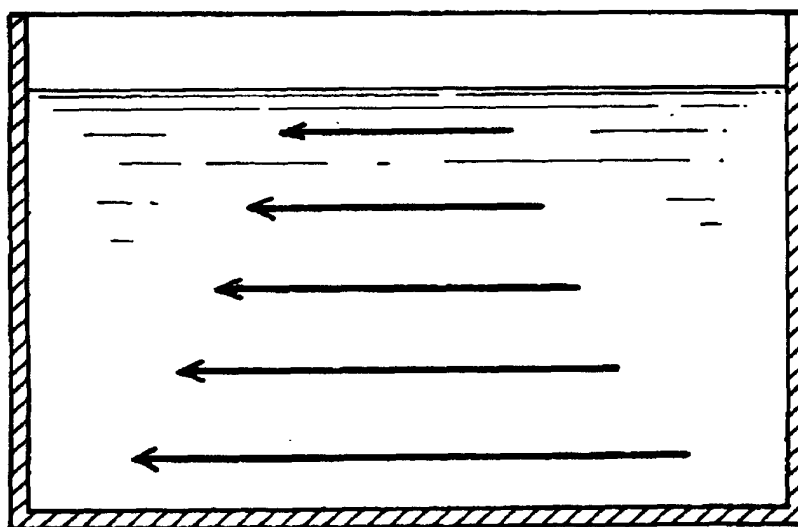


【図5】

(a)

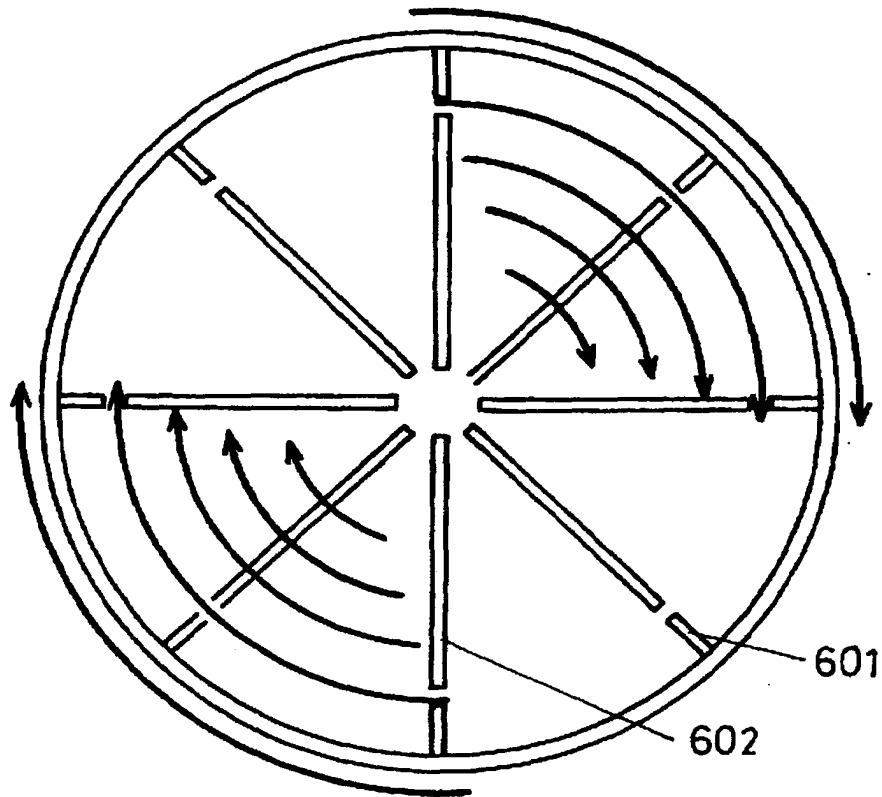


(b)

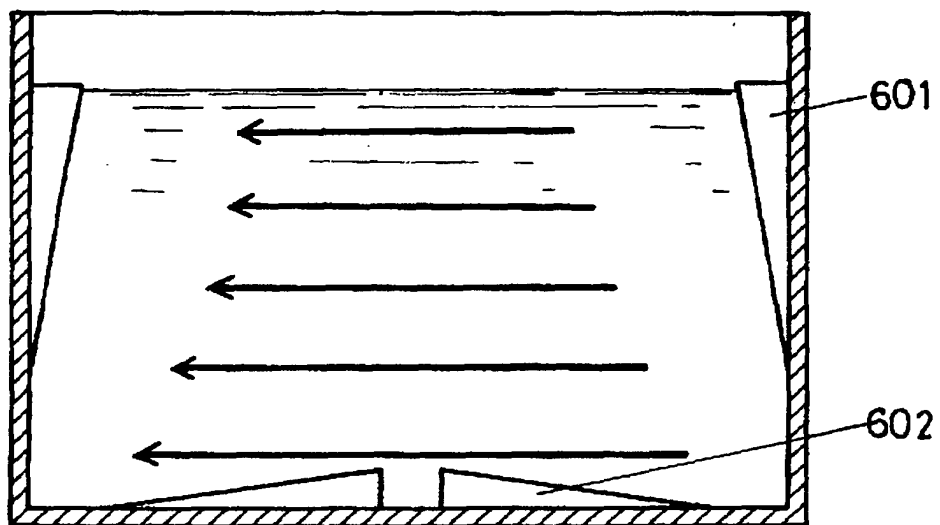


【図 6】

(a)

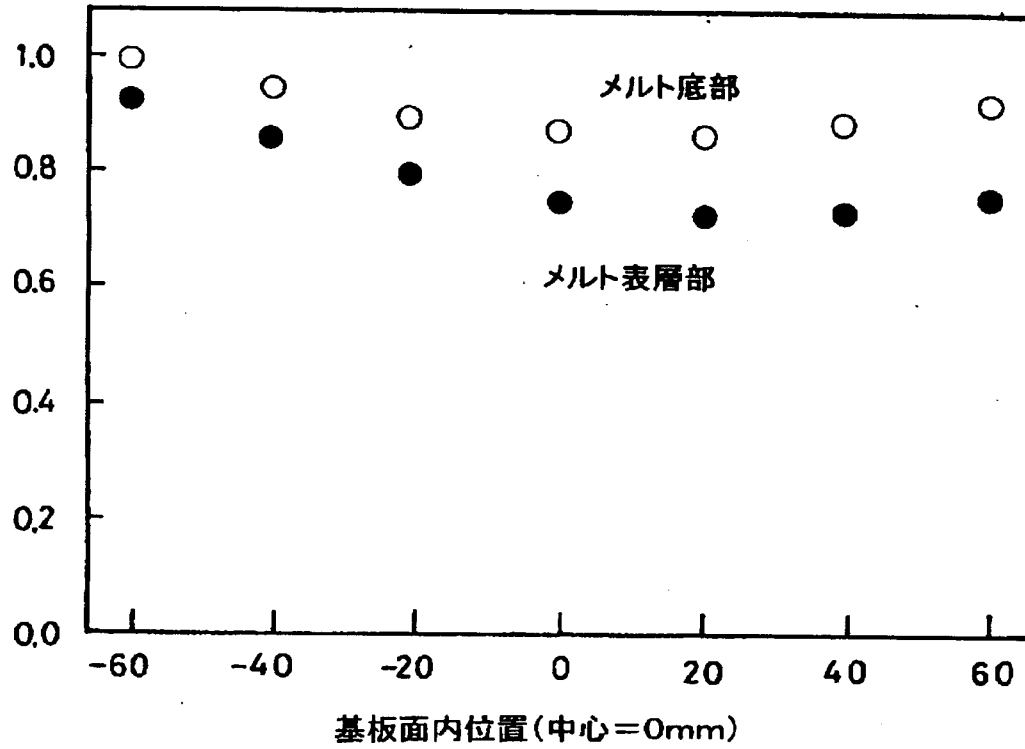


(b)



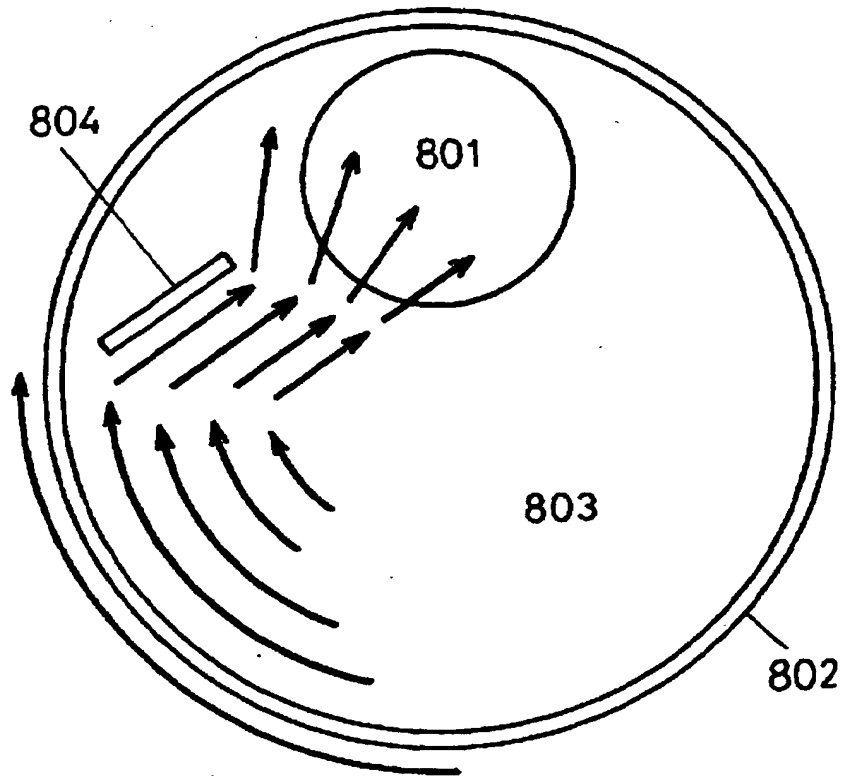
【図 7】

成長速度(相対値)

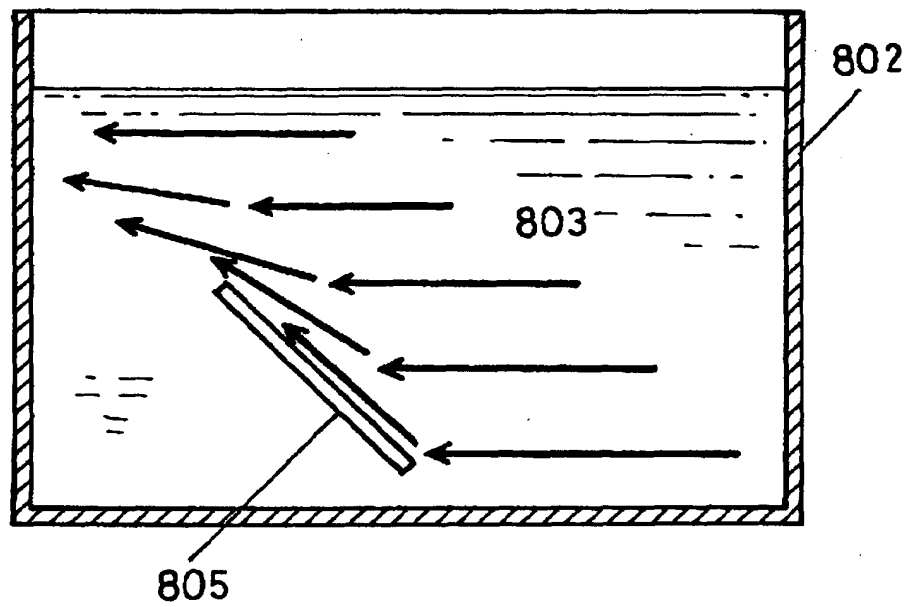


【図 8】

(a)

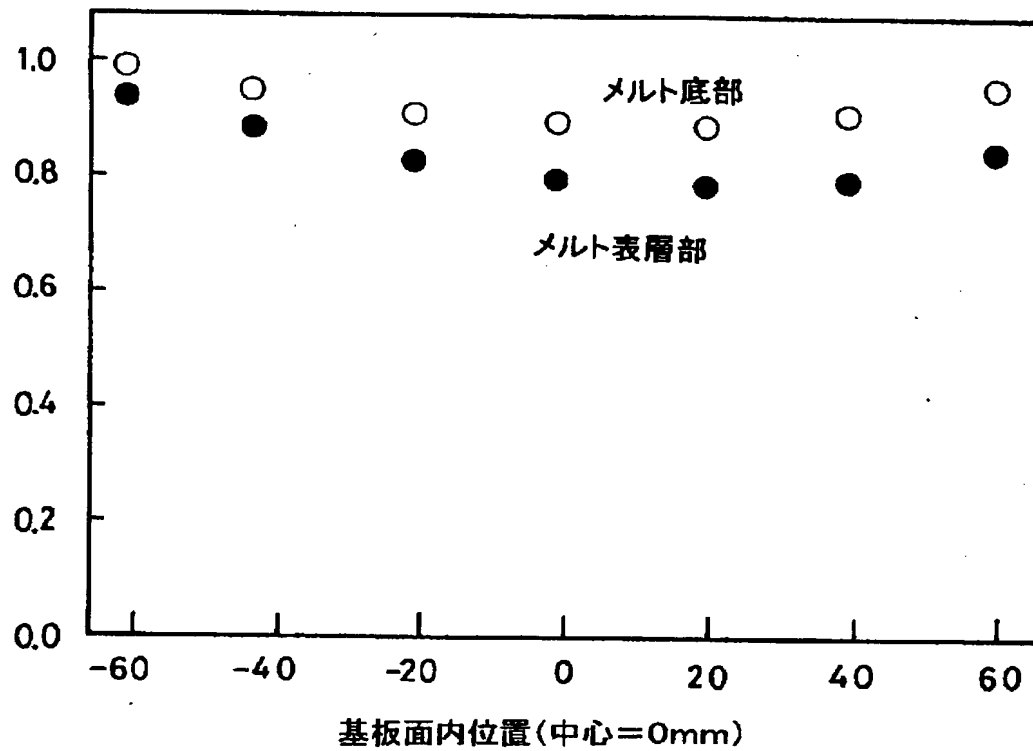


(b)



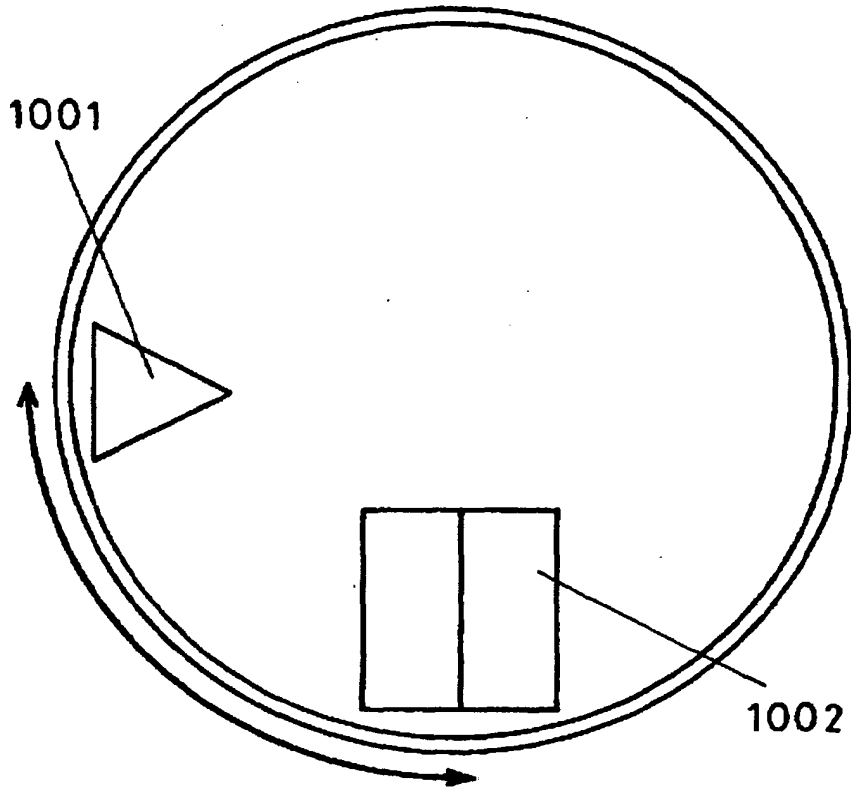
【図 9】

成長速度(相対値)

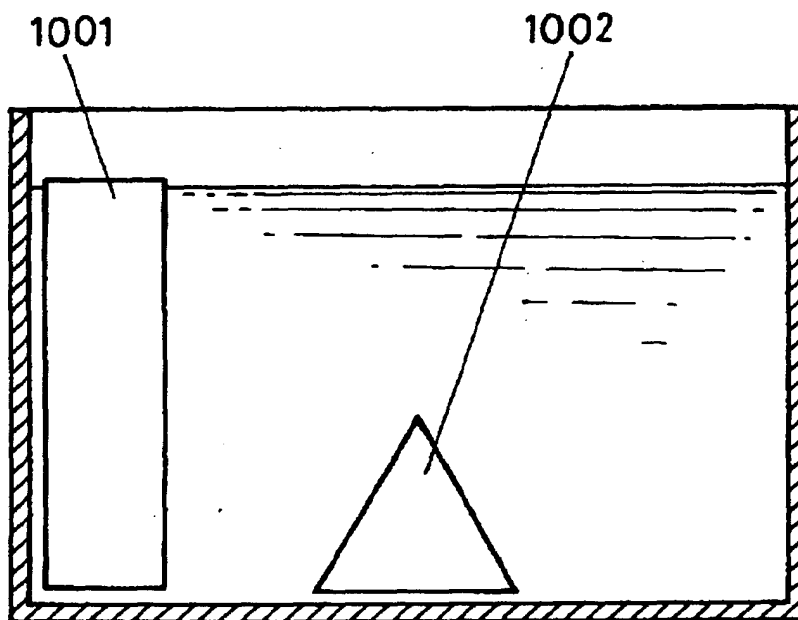


【図 1 0】

(a)

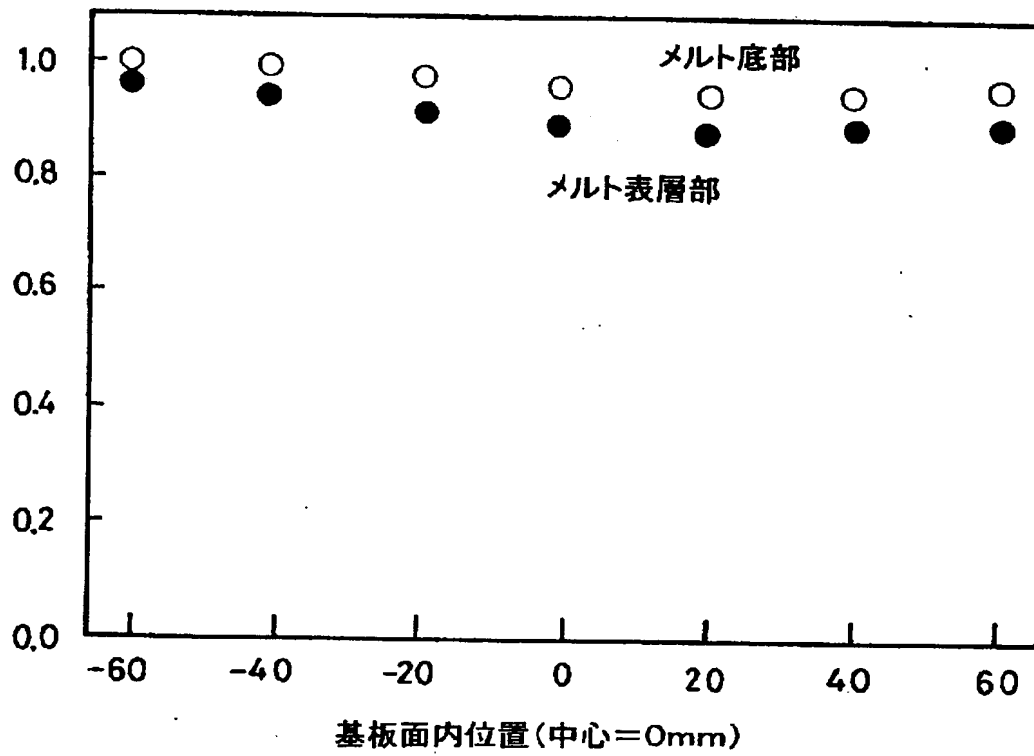


(b)

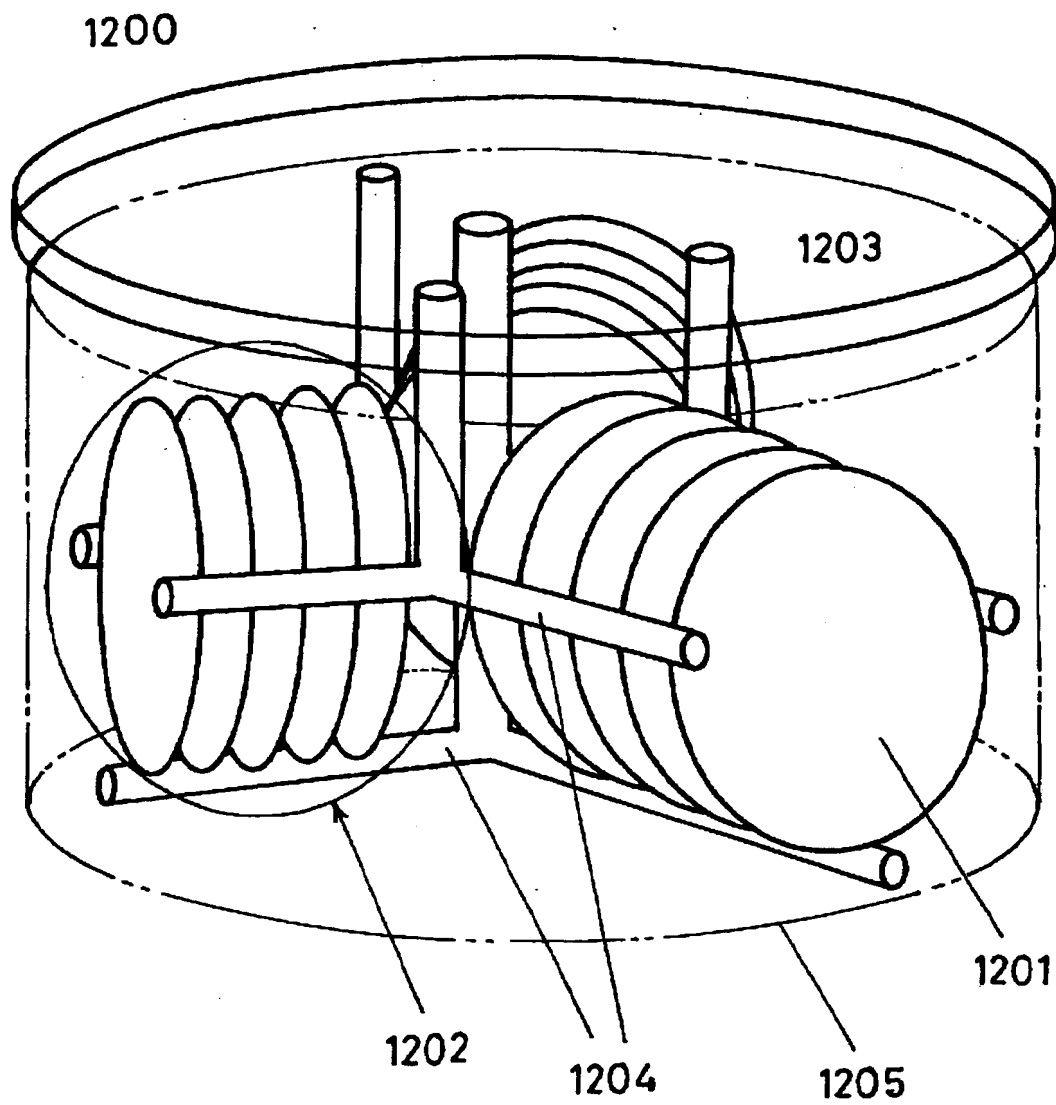


【図 1 1】

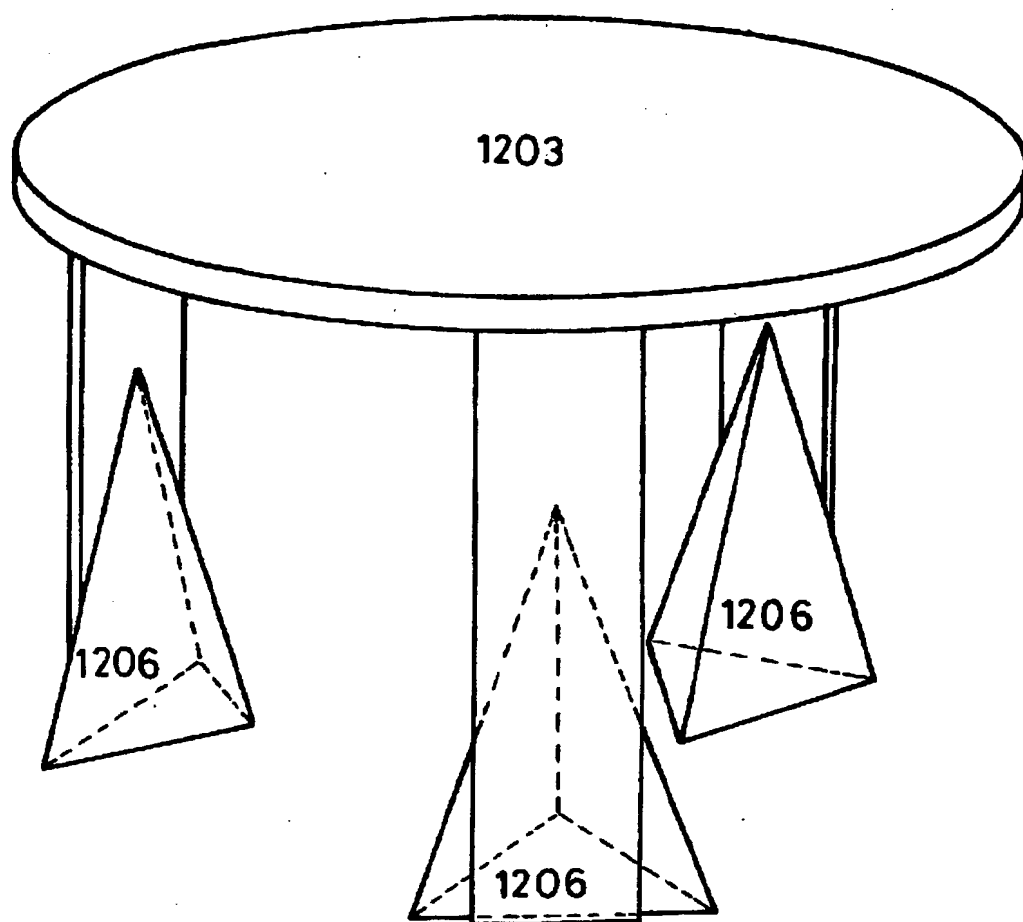
成長速度(相対値)



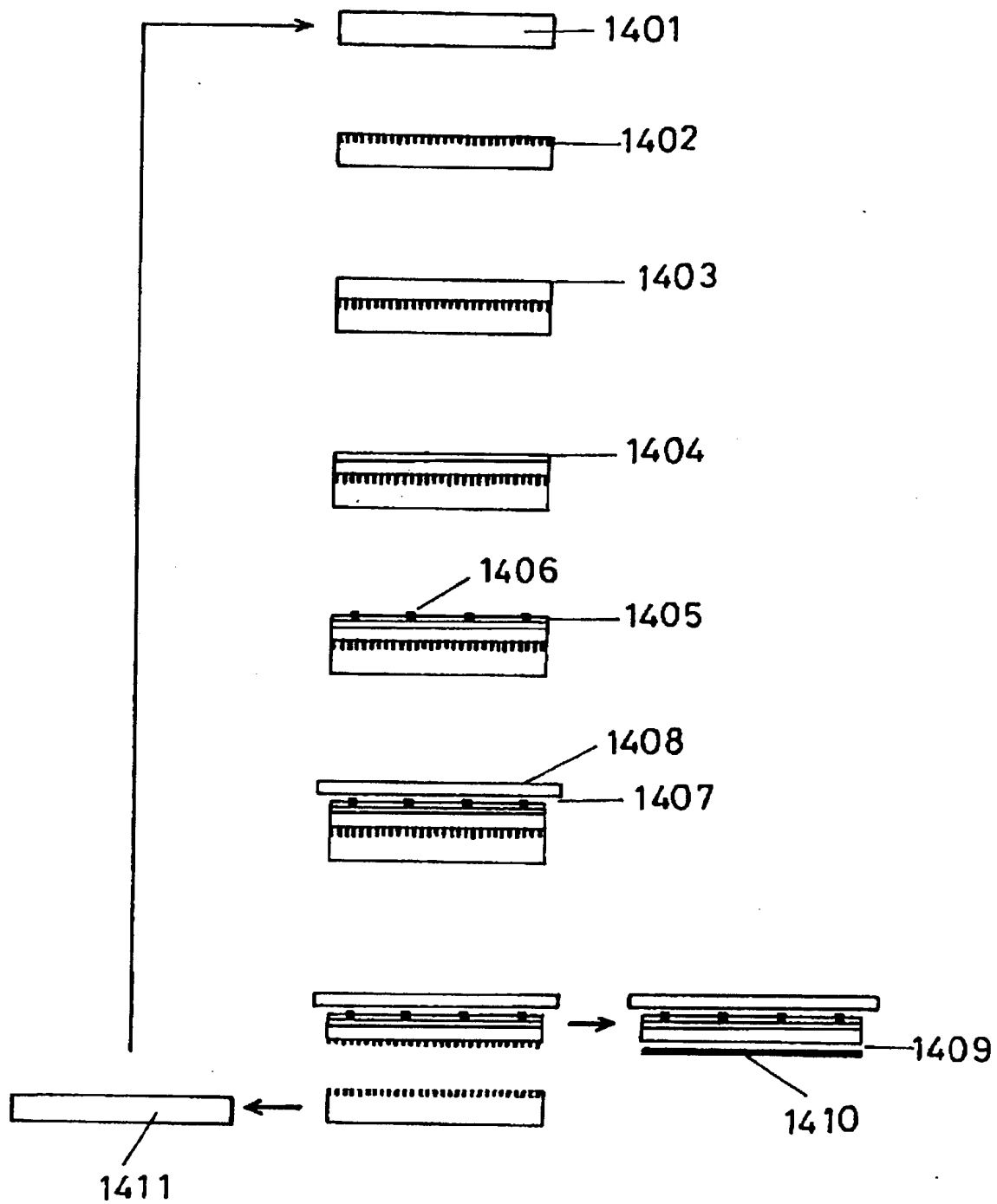
【図12】



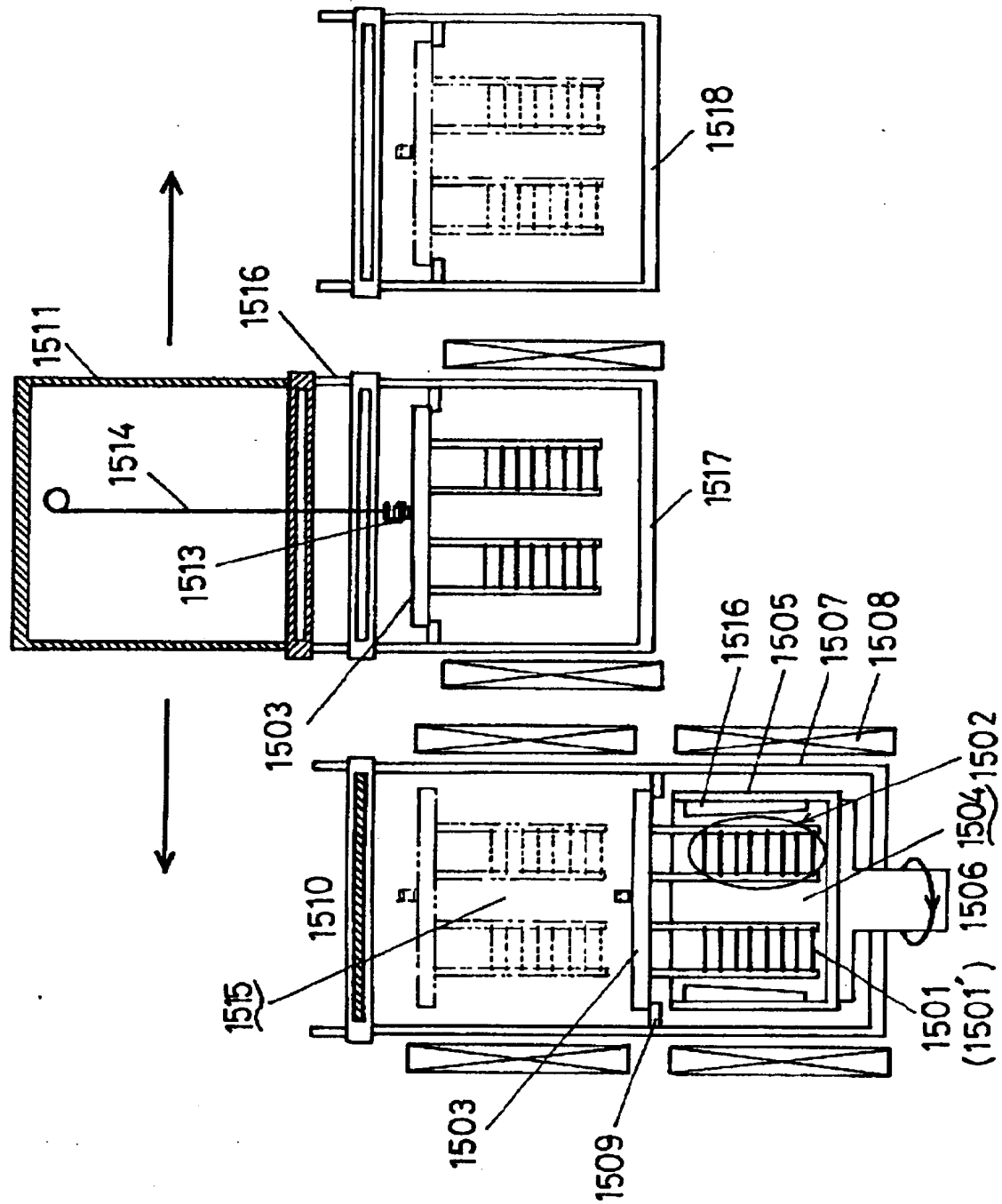
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高い成長速度が得られ、1 バッチに多数枚の基板を投入しても、基板内や基板間の成長速度の分布が均一で、装置を大型化しても、メルトの反応や汚染を低減しやすい液相成長方法、および、装置を提供する。

【解決手段】 坩堝内の、結晶材料が溶け込んだメルトに、支持架に支持された基板を浸漬し、その基板上に結晶を成長させる液相成長方法において、前記支持架に対する前記坩堝の回転中心から外れた位置で、前記坩堝内のメルトに浸漬される少なくとも一群の基板を、互いに所定の間隔を保ちつつ基板表面の向きが前記坩堝内でのメルトの流れに対してほぼ平行になるように、前記支持架に装備して、基板表面に結晶を成長させることを特徴とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社